

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-201549

(43)Date of publication of application : 04.08.1995

(51)Int.Cl.

H01F 1/14
H01F 17/06
H01F 41/02

(21)Application number : 06-001229

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 11.01.1994

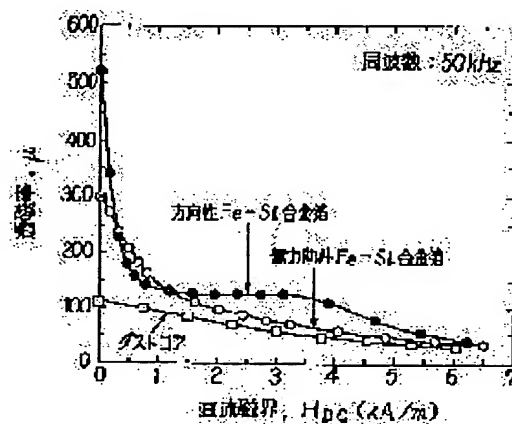
(72)Inventor : MUKAI TOSHIO
TSUGE HIROSHI

(54) INDUCTOR ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain an inductor element which is higher in inductance than a dust core by a method wherein an oriented Fe-Si alloy foil coated with an electrical insulating film is rolled into a ring to serve as a toroidal core so as to make the direction of orientation coincident with a circumferential direction, and winding is wound on the core for the formation of an inductor.

CONSTITUTION: An Fe-Si alloy foil is set in Si content ranging from 1wt% to 7wt.% and $10\mu\text{m}$ to $200\mu\text{m}$ in thickness. Crystal grains contained in the foil are oriented in such a state that a plane orientation is (100) and a direction of orientation is [001]. The alloy foil is coated with an electrical insulating film and then cut along the direction of rolling into belt-like foils prescribed in width. The belt-like foil is rolled into a ring making the direction of orientation coincident with a circumferential direction to serve as a toroidal core. By this setup, an inductor higher than a dust core in inductance can be obtained.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-201549

(43) 公開日 平成7年(1995)8月4日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

F I

H01F 1/14

17/06

41/02

J 8123-5E

A

H01F 1/14

Z

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全5頁)

(21) 出願番号 特願平6-1229

(22) 出願日 平成6年(1994)1月11日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 向井俊夫

神奈川県川崎市中原区井田1618番地 新日

本製鐵株式会社先端技術研究所内

(72) 発明者 柘植弘志

神奈川県川崎市中原区井田1618番地 新日

本製鐵株式会社先端技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外2名)

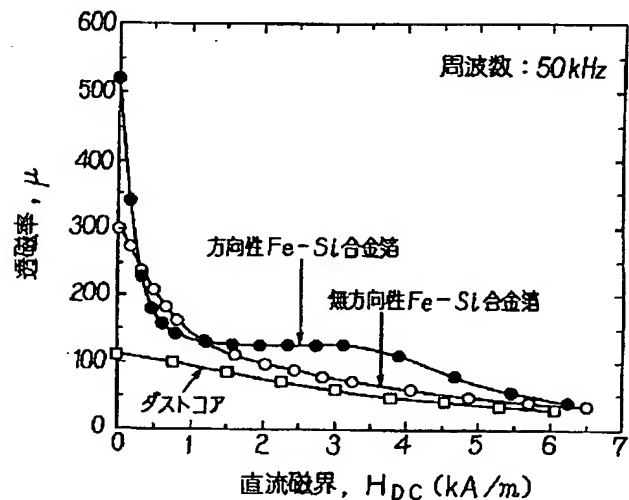
(54) 【発明の名称】 インダクタ素子

(57) 【要約】

【目的】 スイッチング電源用のインダクタ素子において、重畳直流磁界が零近傍では非常に高いインダクタンスを示し、通常使用時の直流磁界においては磁界の広範囲に渡って一定のインダクタンスを示すインダクタ素子を提供すること。

【構成】 ゴス方位を持つ方向性のFe-Si合金箔を環状に巻いてトロイダル磁心となし、それに巻き線を施したインダクタ素子。

【効果】 従来、性質の異なるソフトフェライトとダストコアの2個のコアを重ねて対応してきたインダクタ素子が1個のFe-Si合金箔の巻きコアで対応できる。このコアの使用により、同じ巻き数でダストコアの2倍のインダクタンスを示すインダクタ素子が提供可能である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】重量百分率で、1%以上、7%以下のSiを含有する厚さ10 μ m以上、200 μ m以下のFe-Si合金箔であって、箔を構成する結晶粒の板面方位が(110)、圧延方向が[001]である方向性を有するFe-Si合金箔を、箔表面に電氣的絶縁被膜を形成した後、圧延方向が周方向となるように環状に巻いてトロイダル磁心となし、周方向に磁界がかかるように巻き線を施して形成したことを特徴とするインダクタ素子。

【請求項2】磁心の直流磁界重畳時の10kHz以上の高周波の透磁率が、直流磁界が零の時400以上の値を示し、直流磁界が1kA/mから3kA/mの範囲において100以上、200以下の一定の値を示すことを特徴とする請求項1に記載のインダクタ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、スイッチング電源、無停電電源など高周波で用いる電気機器のインダクタ素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、電源のインダクタ素子としては、ソフトフェライトのEIコアまたは金属粉末を樹脂で固めて成形したダストコアが主に用いられてきた。前者のソフトフェライトの場合は、EコアとIコアのギャップを調整することにより直流重畳時のインダクタンス値を所望の値に設定することができる。また、後者のダストコアの場合は、ほとんどがトロイダルコアの形状が用いられ、粉末粒子の持つ反磁界で一義的に直流重畳時のインダクタンスが決まっている。

【0003】インダクタ素子は、磁心材料とそれに巻く銅線で構成される。銅線に電流を流す時に生じるインダクタンスは磁心材料の透磁率に比例する量であり、透磁率が大きいほど巻き線を減らすことができるので良い材料である。スイッチング電源の電流の平滑化などを目的とするチョークコイルとしてインダクタ素子を用いる場合は、素子に入ってくる電流は直流の上に高周波の交流が乗ったものになっている。このような場合には、磁心材料としては、高周波における透磁率が広い範囲の重畳直流磁界に対して一定である、すなわち、直流重畳特性が良いこと、が要求される。ダストコアの透磁率（真空に対する比透磁率）は、重畳直流磁界が零の時は100前後の値を示すが、重畳直流磁界が大きくなるに従いその値は小さくなり、通常重要とする1-3kA/mの磁界では約2/3程度まで小さくなる、という問題があった。

【0004】スイッチング電源では、出力の負荷電流が減少すると、二次側のインダクタ素子を流れる電流が臨界値を下回り、電流が不連続な状態が生じる。このような状態になると、スイッチング電源の定電圧動作が維持できなくなり、異常な発振動作を生じてしまう。これを

防ぐためには、低負荷電流におけるインダクタンスを大きくしなければならない。すなわち、低負荷電流でのみ大きなインダクタンスを示し、定格電流近辺では一定のインダクタンスを示すインダクタ素子が必要である。

【0005】このような特性を示すインダクタ素子は、スインギングチョークコイルとして知られており、トロイダル状のコアの一部に切り欠きを入れるか、もしくは特性の異なる2種の磁心、例えば、ソフトフェライトコアとダストコア、を重ね合わせて一つのコアとなすとかして対応してきたのが現状である。また、この問題を解決するために別の方法として、特願平5-052614においては通常のEIコアのギャップ部にインダクタンス制御用の偏平コアを挿入する方法が提案されている。しかしながら、以上のどの方法も、定格電流近傍でのインダクタンスを犠牲にするか、もしくは部品点数が多くなりコスト高になるという問題がある。

【0006】Fe-Si合金箔を用いたインダクタ素子は、カットコアとして間にギャップを設けて使用されており、ギャップ無しのトロイダル形状ではほとんど用いられていない。これはギャップ無しでは、前述の直流重畳特性が確保できなかったからである。

【0007】ゴス方位、すなわち、圧延面が(110)、圧延方向が[001]、を持った一方向性電磁銅板を圧延して適切な温度で再結晶させると、再度ゴス方位を持った微細結晶粒からなるFe-Si合金箔が得られることが分かっている(K. Arai and K. Ishiyama, J. Appl. Phys. 64, 5352(1988))。従来、この方向性のFe-Si合金箔はトランスの磁心材料として検討されてきており、インダクタ素子として検討されたことはない。したがって、直流重畳特性について言及した報告はいまだなされていない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】電源のインダクタ素子用の磁心としては、高周波の透磁率が、重畳直流磁界が零近傍では極めて高く、それ以外では広い磁界範囲で一定の値をとる磁心が理想的である。この種の素子は、従来はセンダスト合金(Fe-Si-Al)粉末などのダストコアとソフトフェライトの複合素子で作られてきたが、価格が高くなるという欠点があった。また、高磁界での透磁率はダストコアの値に等しくなるので、その値が低すぎるという問題もあった。さらに、低磁場での特性を必要としない通常の平滑チョークコイルにおいても、従来使用されているダストコアの透磁率では不足する場合も生じていた。

【0009】本発明は、一つの磁心材料で前述した理想特性を満足すると同時に、ダストコアよりも高いインダクタンスを与えるインダクタ素子を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、重量百分率

で、1%以上、7%以下のSiを含有する厚さ10 μ m以上、200 μ m以下のFe-Si合金箔であって、箔を構成する結晶粒の板面方位が(110)、圧延方向が[001]である方向性を有するFe-Si合金箔を、箔表面に電氣的絶縁被膜を形成した後、圧延方向が周方向となるように環状に巻いてトロイダル磁心となし、周方向に磁界がかかるように巻き線を施して形成したインダクタ素子である。

【0011】本発明により、直流磁界重畳時の10kHz以上の高周波の透磁率が、直流磁界が零の時は400以上の値を示し、直流磁界が1kA/mから3kA/mの範囲においては100以上、200以下の一定の値を示すインダクタ素子用の磁心の提供が可能になる。

【0012】

【作用】磁性体の直流磁化特性は、図1に示すようなヒステリシス曲線で表わされる。磁心材料の直流磁界重畳時の高周波の透磁率 μ は、残留磁束密度(B_r)と飽和磁束密度(B_s)とを結ぶ曲線上の任意の点で小振幅の高周波磁界を印加した時に生じるマイナーループの傾きとして定義される。

【0013】透磁率 μ のトロイダル磁心にn回の巻き線を施して形成したインダクタ素子のインダクタンスLは、 $L = \mu \cdot \mu_0 (A/l) n^2$ で表わされる。ここで、 μ_0 は真空の透磁率、Aは磁束の流れる方向に垂直な磁心の断面積、lは磁路長である。したがって、透磁率の高い磁心が高いインダクタンスを与える。

【0014】本発明者等は、Fe-Si合金箔を環状に巻いてトロイダル磁心を作成し、透磁率の重畳直流磁界依存性を測定した。その結果、方向性の無いFe-Si合金箔の場合は、零磁界での透磁率が低いばかりか、直流磁界が大きくなるに従い徐々に透磁率が減少し、一定値を取ることはなかった。

【0015】そこで、ゴス方位、すなわち、圧延面が(110)、圧延方向が[001]、を持った方向性のFe-Si合金箔を作製して透磁率を測定したところ、零磁界での透磁率が高く、直流磁界の広い範囲に渡って一定の透磁率を示すものが得られることを見出した。この特性は、低磁界では180°磁壁の移動によって磁化が行なわれるのに対し、高磁界では90°磁壁の移動によって磁化が行なわれることを想定することによって説明できる。本発明者等は、条件の最適化により、10kHz以上の高周波における透磁率が、零磁界では400以上の高い値を示し、1-3kA/mの高磁界では100以上、200以下の一定の値を示すことを確認し、本発明を完成させるに至った。

【0016】以下、本発明を詳細に説明する。ゴス方位を持ったFe-Si合金箔の一方方向性電磁鋼板(厚さ:0.2~0.4mm)に再圧延を施し、適切な条件で焼鈍を行うと、一次再結晶により微細結晶粒からなるゴス方位に戻ることが知られている。この現象を利用すること

により目標とする方向性のFe-Si合金箔を得ることができる。ここで、最適のゴス方位を持った箔を得るためには、圧延率としては50%以上が好ましく、再結晶のための焼鈍温度は700℃以上、1200℃以下が好ましい。特に鉄損を下げる必要がある時には、焼鈍温度を800~900℃に設定して結晶粒径を20~100 μ mに調整するのが効果的である。焼鈍雰囲気は、酸化しない条件であれば良く、アルゴン、窒素、水素またはそれらの二つ以上のガスの混合雰囲気をを用いることができる。

【0017】本発明において、Fe-Si合金箔のSi含有量は、重量百分率で、1%以上、7%以下に限定するが、その理由は次の通りである。高周波においては鉄損のほとんどは渦電流損失からなっており、Si含有量を増して電気抵抗を高めれば高めるほど鉄損が下がる。Si含有量が1%未満では電気抵抗が低いために鉄損が大きく、実用に供することができない。Si含有量が1%から4%までは通常の冷間圧延により箔を得ることができる。Si含有量が6.5%近傍の箔は、磁歪が小さく騒音が問題になる場合にはその使用が検討されるので、本発明のSi含有量の上限を7%とした。

【0018】このような高Siの箔は硬く脆いので冷間圧延によっては製造が困難であるが、温間圧延もしくは低Siの箔への浸珪処理によって製造可能である。浸珪処理としては、CVD法によってSiを箔の表面に堆積させ、高温での拡散処理を行う方法を用いることができる。ここで、箔の厚さは10 μ m以上、200 μ m以下に限定する。なぜならば、10 μ m未満の箔は圧延によって作り難く、200 μ m超の箔では鉄損が大きく実用に供することができないからである。

【0019】箔をスリッター等により圧延方向にそって切断し、所定の幅の帯状箔を得て、これを環状に巻き、トロイダルコアとする。あるいは、広幅の箔を巻いて筒状にし、樹脂等で固定した後、所定の幅で輪切りにしてトロイダルコアを作製しても良い。いずれも場合も、巻きコアにすると隣り合う層間の箔は接触することになるので、あらかじめ箔の表面には絶縁被膜を設けて置く必要がある。層間が電氣的に絶縁されていないと高い透磁率を得ることができないばかりか、鉄損が大きくなり実用に供することができない。

【0020】絶縁被膜としては、SiO₂、Al₂O₃等の酸化物の膜をつけてシリケート系の樹脂をコーティングするだけでも十分である。作製したコアは、必要に応じてケースに収納し、銅線等の巻き線を施してインダクタ素子とする。巻き線は、トロイダルコアの周方向(箔の圧延方向)に磁界がかかるように巻かれ、また巻き数は、必要とするインダクタンスの大きさによって決められる。

【0021】従来のFe-Si合金箔を用いたコアは、トロイダルに巻いた後に切断してカットコアにしたも

の、あるいはE I 形状に打抜いて積層したものであり、いずれの場合もコアにギャップを設けて直流重畳特性を確保していた。これに対し、本発明のコアは、ギャップ無しで使用し、その状態で優れた直流重畳特性を与える。ギャップが無いことは、インダクタ素子の使用時における騒音の減少につながる。また、製造工程が簡略化され、低コストでインダクタ素子を提供することができる。

【0022】

【実施例】以下に、本発明を実施例にもとづきさらに説明する。

実施例1

Fe-3%Si のゴス方位を持った厚さ280 μ mの一方方向性電磁鋼板に冷間圧延を施して、厚さ50 μ mの箔を得た。次に、箔の圧延方向が長手方向となるように裁断し、長さ約60cm、幅5mmのリボン状の箔を得た。この箔に窒素中で880 $^{\circ}$ Cで1時間の熱処理を施して、ゴス方位の微細結晶粒からなる方向性Fe-Si合金箔を得た。この時の平均結晶粒径は、50 μ mであった。絶縁のために箔の表面にシリケート系の樹脂をコーティングした後、環状に巻いて内径11mm、外径13mmのトロイダルコアを作製した。これに絶縁被膜された0.5mmの銅線を30回巻いてインダクタ素子とした。

【0023】LCRメーターによりインダクタンスを測定し、その値から透磁率 μ を算出した。この時に、インダクタ素子の巻き線には0~8Aの直流電流を重畳させて周波数50kHzで1mAの交流電流を流した。直流電流値から求められる直流磁界に対して50kHzにおける透磁率 μ をプロットした結果を、図2に示す。比較のために、無方向性のFe-Si合金箔を作製し、それを巻いて作製したインダクタ素子の結果も合わせて図2に示した。ここで、無方向性の箔としては、厚さ3mmのFe-3%Si合金の熱延板を冷間圧延により直接厚さ50 μ mまで薄くし、窒素中で880 $^{\circ}$ Cで1時間焼鈍したものをを用いた。また、市販のセンダスト合金(Fe-Si-Al)粉末のダストコアについても、その透磁率の直流磁界依存性を図2に示した。

【0024】図2から分るように、方向性Fe-Si合金箔のインダクタ素子は、直流磁界が零の時、520と高い透磁率を示し、また1kA/mから3kA/mの高磁界範囲では120から130の一定の値を示す。さら

に、高磁界における方向性Fe-Si合金箔の透磁率は、ダストコアのその約2倍の値を示している。比較例として示した無方向性Fe-Si合金箔の透磁率は、零磁界でも300程度と小さく、また磁界が高くなるにしたがって減少し、方向性Fe-Si合金箔の場合のように一定の値を取ることはない。

【0025】実施例2

厚さ280 μ mの一方方向性電磁鋼板を圧延して作製した厚さ100 μ mのFe-3%Si合金箔に浸珪処理を施し、Fe-6.5%Siの箔を作製した。浸珪処理としては、SiCl₄を使ったCVD法を用いて1100 $^{\circ}$ Cで箔表面にSiを堆積させた後に、さらに同温度で拡散処理を行うことにより均一組成の箔を得た。CVD中の熱処理により箔は再結晶を起こし、圧延前と同様のゴス方位になっていた。この箔から実施例1と同様のトロイダルコアを作製し、50kHzにおける透磁率の重畳直流磁界依存性を調査した。その結果、直流磁界が零の時には560の高い透磁率を示し、また磁界が1から3kA/mの範囲では約140の一定の透磁率を示した。

【0026】

【発明の効果】本発明のインダクタ素子は、低直流磁界で高いインダクタンスを示すので、スイッチング電源の二次側の平滑チョークとして用いることにより、電源の低負荷時の異常発振を防ぐことができる。従来のこのタイプのコアは、ソフトフェライトコアとダストコアを重ねて使用していたので、コスト高になるという問題があったが、本発明のコアは、一つでそれらの機能を持っているので低コストでインダクタ素子を提供することができる。

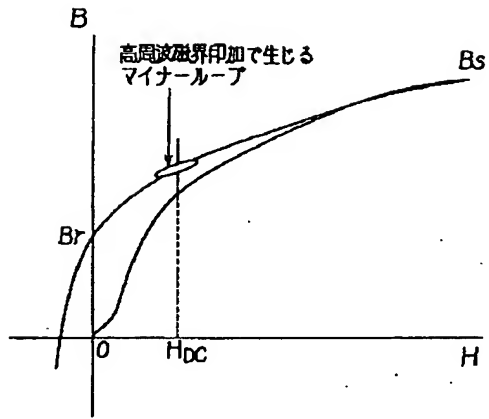
【0027】また、本発明のインダクタ素子は、通常使用時の高直流磁界において従来のダストコアの約2倍のインダクタンスを与える。電源の一次側に用いる力率改善のためのアクティブフィルター回路用のチョークコイルなど各種チョークコイルにこのインダクタ素子を用いると、電源の高効率化もしくは小型化が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】磁心の直流重畳特性の説明図である。

【図2】方向性Fe-Si合金箔、無方向性Fe-Si合金箔、およびダストコアについて測定した50kHzの高周波磁界印加時の透磁率の重畳直流磁界依存性を示す。

【図 1】



【図 2】

